

Proposition de stage Ingénieur

Contrôle du champ électrique complexe en coronographie optique pour la détection de planètes extrasolaires

Nom du proposant :

Pierre Baudoz, Observatoire de Paris-Meudon

Lieu du stage :

**Observatoire de Meudon
5 place Jules Janssen
92195 Meudon**

Date du stage :

4 à 6 mois à partir de février 2017

Contact et renseignements complémentaires :

Pierre Baudoz, Observatoire de Meudon

pierre.baudoz@obspm.fr

Tel : 01 45 07 79 11

Raphaël Galicher, Observatoire de Meudon

raphael.galicher@obspm.fr

Tel : 01 45 07 75 83

Contexte :

Comprendre la formation, l'évolution et la surprenante diversité des planètes extrasolaires est un des grands enjeux de l'astrophysique moderne. En deux décennies, de nombreuses découvertes ont déjà révélé la nature complexe de ces objets. Pourtant, on connaît peu de choses sur l'atmosphère de ces planètes alors qu'il s'agit d'un point crucial pour comprendre l'évolution des planètes ainsi que les conditions d'apparition de la vie ailleurs que sur la Terre. L'imagerie à haute dynamique est une technique appropriée à l'étude spectrale des atmosphères des planètes similaires à celles du Système Solaire. Cependant ces observations sont rendues difficiles par le très grand contraste et la faible séparation angulaire entre planètes et étoiles.

Depuis quelques années, nous avons obtenu, en observant des étoiles jeunes, des premières images de planètes géantes gazeuses qui sont suffisamment brillantes pour être détectables avec les instruments actuels comme SPHERE sur le VLT. Plus ambitieuse, la caractérisation physico-chimique d'exoplanètes rocheuses va requérir une nouvelle génération d'instruments aussi bien pour le futur télescope géant Européen (European Extremely Large Telescope) que pour les futurs projets spatiaux (projets WFIRST-AFTA, HDST, LUVOIR).

L'utilisation d'un coronographe permet théoriquement de rejeter la lumière de l'étoile pour observer directement la planète. Mais les performances du coronographe sont très sensibles

aux défauts de phase et d'amplitude du faisceau. Pour espérer observer des exoplanètes de type terrestre, le niveau maximum des aberrations de phase en amont du coronographe doit être inférieur à quelques dizaines de picomètres RMS. Il est possible d'atteindre de tels niveaux en utilisant des miroirs déformables qui corrigent presque tous les défauts de phase introduits dans l'instrument. Plusieurs laboratoires dans le monde ont réussi à atteindre de tels niveaux. En Europe, le banc THD2 (<http://thd-bench.lesia.obspm.fr>) permet aujourd'hui de mesurer et de corriger les aberrations de la phase du champ électrique avec ce niveau de précision. En revanche, la correction des aberrations de l'amplitude du champ n'est pas directe puisque les miroirs déformables introduisent une variation de la phase uniquement. Elle est cependant indispensable pour atteindre des contrastes très élevés en créant un champ électrique quasi-parfait en amont du coronographe.

Sujet de Stage :

L'objectif du stage est l'étude et la mise en place sur le banc THD2 d'une correction des aberrations d'amplitude à partir de miroirs déformables placés en dehors du plan pupille. L'idée est d'utiliser un sous-produit de l'effet Talbot qui permet de transformer des variations de phase en variations d'amplitude.

Après une prise en main du sujet (coronographie, correction de la surface d'onde avec des miroirs déformables, mesure interférométrique du champ électrique), l'étudiant étudiera le principe de la transformation d'effet de phase en effet d'amplitude par diffraction à distance finie (propagation de Fresnel). Il estimera les distances optimales des miroirs déformables, proposera des solutions techniques et des algorithmes efficaces pour mettre en place une correction simultanée de la phase et de l'amplitude. Il appliquera ensuite ces solutions en laboratoire sur le banc THD2, déjà équipé de 2 miroirs déformables. Il intégrera un 3^{ème} miroir déformable sur ce banc (miroir déjà à disposition au laboratoire) et définira les stratégies de mesures et de correction du champ électrique global. À la fin de son stage, l'étudiant aura intégré une correction optimisée des effets d'amplitude sur le banc THD2 et amélioré les performances du banc.

Prérequis :

Les notions suivantes seraient utiles :

- Diffraction de Fraunhofer, diffraction de Fresnel, effet Talbot,
- optique de Fourier,
- optiques adaptatives, miroir déformables, algorithmes d'asservissement
- traitement du signal,
- simulations numériques,
- des notions des logiciels IDL ou Labview seraient un plus

Bibliographie :

Delorme et al. 2016 A&A, *Laboratory validation of the dual zone phase mask coronagraph in broadband light at the high-contrast imaging THD-testbed*

Mazoyer et al. 2014, A&A, *High-contrast imaging in polychromatic light with the self-coherent camera*